

Studi dan Implementasi Metode Grammatical Evolution Untuk Pembangunan Aplikasi Sistem Prediksi Saham

Aditya Kusuma Setyanegara 1103100019

adityakusuma365@gmail.com

Dibimbing oleh:

Jondri, Drs., Msi.

Untari Novia Wisesty2, ST., MT

Fakultas Informatika, Universitas Telkom

Jl Telekomunikasi No 1, Terusan Buah Batu, Bandung, Jawa Barat.

Abstraksi

Saham merupakan suatu model investasi yang populer saat ini. Dalam berinvestasi, saham memiliki resiko yang dapat membuat investor mengalami kerugian ketika saham yang dibeli sangat tinggi namun terjual dengan harga yang terlalu rendah. *Analisis teknikal* digunakan untuk mempelajari perilaku harga saham di masa lalu untuk memprediksi harga saham di masa depan. Metode *Grammatical Evolution* dipilih untuk menyelesaikan kasus ini dengan data input berupa harga saham di masa lalu. Dari hasil penelitian ini, menunjukkan MAPE terkecil adalah 1,17639%, dengan skenario 1000 periode data training dan 250 periode data testing yang merupakan skenario data terbaik yang dapat menghasilkan nilai akurasi tertinggi.

Kata kunci : Analisis Teknikal, Grammatical Evolution, MAPE

Abstract

Stock is an investment model that is popular today. In investing, stocks have risks that can make investors suffered losses when stocks are bought very high but sold at a price that is too low. Technical analysis is used to study the behavior of stock prices in the past to predict stock prices in the future. Grammatical Evolution method chosen to resolve this case by the data input in the form of stock prices in the past. By building a comprehensive grammar in Backus Naur Form notation, grammatical Evolution can perform a search for the very many possibilities predictive models vary. From the results of this study, indicated smallest MAPE is 0.74%, with the scenario of 1000 period of training data and 250 periode of testing data are the scenario data that can produce the highest accuracy value.

Keywords : Technical analysis, Grammatical Evolution, MAPE

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Saham adalah satuan nilai atau pembukuan dalam berbagai instrumen finansial yang mengacu pada bagian kepemilikan sebuah perusahaan.^[2] Untuk

memperoleh keuntungan yang maksimal dan menghindari adanya kerugian, para investor saham biasanya melakukan analisis terlebih dahulu sebelum melakukan transaksi saham. Analisis teknikal merupakan suatu teknik analisis yang dikenal dalam dunia keuangan yang digunakan untuk memprediksi trend suatu harga saham dengan cara mempelajari data pasar yang terjadi di masa lampau, terutama pergerakan harga dan volume.^[8]

Metode *Grammatical Evolution* dipilih untuk menyelesaikan kasus ini dengan data input berupa harga saham yang bersifat time series. Dengan representasi kromosom yang berupa fungsi atau program, *Grammatical Evolution* bisa melakukan pencarian model prediksi yang lebih bervariasi. Dengan membangun grammar yang luas dalam notasi *Backus Naur Form*, *Grammatical Evolution* bisa melakukan pencarian untuk sangat banyak kemungkinan model prediksi baik linier maupun non-linier.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengimplementasikan algoritma *Grammatical Evolution* pada kasus sistem prediksi harga saham untuk didapatkan suatu fungsi yang menghasilkan akurasi yang tinggi.

1.3 Tujuan

- Memahami cara kerja metode *Grammatical Evolution* dalam memprediksi pergerakan nilai saham.
- Merancang sistem prediksi harga saham menggunakan algoritma *Grammatical Evolution* dengan menggunakan data riwayat harga saham di masa lalu sebagai data input.
- Melakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat untuk mengukur performansi dan keakuratan sistem.

2. Landasan Teori

2.1 Grammatical Evolution

Evolution Algorithms merupakan algoritma optimasi berbasis populasi yang terinspirasi dari mekanisme evolusi biologi menggunakan proses-proses seperti mutasi, rekombinasi, seleksi alam dan *survival of the fittest*.^[9] *Grammatical Evolution* merupakan metode hasil pengembangan dari *Algoritma Evolusioner* yang ada sebelumnya yaitu *Genetic Programming*. Perbedaannya terletak pada representasi individunya yang berbentuk fungsi atau program, pada *Grammatical Evolution* (GE) digunakan dua operator tambahan *duplicate* dan *prune*.

2.2 Backus Naur Form (BNF)

Backus Naur Forms (BNF) merupakan notasi untuk mengekspresikan *grammar* suatu bahasa dalam bentuk *production rules*. Tata bahasa (*grammar*)

pada BNF terdiri dari terminal-terminal yang merupakan item yang dapat muncul dalam bahasa tersebut serta non-terminal yang dapat dikembangkan atau diperluas kedalam satu atau lebih terminal dan non-terminal. Berikut contoh BNF :

$N = \{ \text{expr}, \text{op}, \text{pre_op} \}$

$T = \{ \text{Sin}, \text{Cos}, \text{Tan}, \text{Log}, +, -, /, *, x, () \}$

$S = \langle \text{expr} \rangle$

P dapat direpresentasikan sebagai:

- | | | | | |
|-----|----------------------------------|-------|--|-----|
| (1) | $\langle \text{expr} \rangle$ | $::=$ | $\langle \text{expr} \rangle \langle \text{op} \rangle \langle \text{expr} \rangle$ | (A) |
| | | | $ $
$(\langle \text{expr} \rangle \langle \text{op} \rangle \langle \text{expr} \rangle)$ | (B) |
| | | | $ $
$\langle \text{pre_op} \rangle (\langle \text{expr} \rangle)$ | (C) |
| | | | $ $
$\langle \text{var} \rangle$ | (D) |
| (2) | $\langle \text{op} \rangle$ | $::=$ | $-$ | (A) |
| | | | $ $
$+$ | (B) |
| | | | $ $
$/$ | (C) |
| | | | $ $
$*$ | (D) |
| (3) | $\langle \text{pre_op} \rangle$ | $::=$ | Sin | (A) |
| | | | $ $
Cos | (B) |
| | | | $ $
Tan | (C) |
| | | | $ $
Log | (D) |
| (4) | $\langle \text{var} \rangle$ | $::=$ | x | |

2.3 Fitness dan MAPE

Dengan menggunakan *Grammatical Evolution*, kromosom-kromosom dapat menghasilkan model-model peramalan yang sangat bervariasi sebagai contoh berikut :

$$1. \quad z = 0,5 + 2y_1 - y_2 + (0,5 * y_3) \quad (1)$$

$$2. \quad z = 1,5 + \sin(y_1) - \log(y_2) \quad (2)$$

$$3. \quad z = \frac{2+y}{(1 + (0,25*y) - \cos(y))} \quad (3)$$

Setiap fungsi hasil translasi kromosom akan dievaluasi dengan cara menghitung nilai *fitness*, nilai *fitness* dapat dihitung dengan menggunakan fungsi *fitness* sebagai berikut :

$$f = \frac{1}{(K+b)} \quad (4)$$

Dimana b adalah suatu bilangan yang sangat kecil untuk menghindari pembagian dengan nol, sedangkan K adalah rata-rata kesalahan peramalan untuk semua data indeks saham (MAPE). Kesalahan peramalan merupakan harga mutlak dari selisih hasil peramalan yang didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (5)$$

A_t = harga saham asli

F_t = harga saham hasil prediksi

n = jumlah data saham yang digunakan dalam peramalan

3. Gambaran Sistem

Sistem yang dibangun dalam melakukan prediksi harga saham memerlukan pelatihan (*training*) dahulu sebelum digunakan untuk prediksi melalui pengujian (*testing*). Pada tahap training akan didapatkan fungsi dengan nilai MAPE terbaik yang berasal dari individu yang memiliki nilai *fitness* tertinggi dari semua generasi. Proses GE memerlukan langkah-langkah inisialisasi populasi, translasi kromosom, pendefinisian fungsi prediksi menggunakan BNF, evaluasi individu, elitisme, proses seleksi orangtua menggunakan roulette wheel, rekombinasi, mutasi dan seleksi survivor.

3.1 Inisialisasi Populasi

Pada proses Inisialisasi Populasi, kromosom-kromosom didefinisikan sejumlah ukuran populasi. Setiap kromosom berisi sejumlah gen hasil pembangkitan bilangan random integer positif. Jumlah gen dalam setiap kromosom berbeda-beda antara satu dan yang lainnya, namun memiliki batas parameter maksimal jumlah gen. Sehingga, panjang kromosom berdasarkan jumlah gen yang dapat terbentuk berada dalam range [1, maksimal jumlah gen]. Tahap-tahap dalam inisialisasi populasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- (1) Menentukan ukuran Populasi dan panjang kromosom.
- (2) Membangkitkan kromosom dengan panjang sesuai hasil tahap 1, dan nilai tiap gen dibangkitkan dari nilai random integer yang berada dalam range [1, panjang kromosom].
- (3) Mengulangi tahap 2 dan 3 sejumlah ukuran Populasi yang sudah ditetapkan pada tahap 1.

3.2 Translasi Kromosom

Translasi kromosom dilakukan dengan mengubah data kromosom dalam bilangan integer menjadi bentuk fungsi sesuai dengan grammar BNF yang digunakan. Berikut merupakan tahapan proses translasi kromosom:

- (1) Mendefinisikan grammar BNF yang akan digunakan.
- (2) Melakukan proses translasi kromosom menjadi bentuk fungsi sesuai dengan grammar BNF.
- (3) Melakukan pengecekan kromosom yang tidak valid karena tidak membentuk fungsi yang lengkap. Kromosom yang tidak valid akan diduplikasi dengan mengkopi gen-gen kromosom dengan urutan acak.
- (4) Melakukan prune (pemangkasan) terhadap gen-gen kromosom yang tidak terpakai ketika menghasilkan fungsi yang valid, baik untuk kromosom yang mengalami duplikasi maupun tidak.

3.3 Pendefinisian Fungsi Prediksi Menggunakan BNF

Grammar BNF yang digunakan dalam sistem ini adalah sebagai berikut :

$N = \{ \text{expr, op, pre_op} \}$

$T = \{\sin, \cos, \tan, \exp, \log, +, -, *, /, ^, a1, a2, a3, a4, a5, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 2, 3, 4, 5, (,)\}$

$S = \langle \text{expr} \rangle$

Production Rule:

$\langle \text{expr} \rangle := \langle \text{expr} \rangle \langle \text{op} \rangle \langle \text{expr} \rangle \mid (\langle \text{expr} \rangle \langle \text{op} \rangle \langle \text{expr} \rangle) \mid \langle \text{pre_op} \rangle (\langle \text{expr} \rangle) \mid \langle \text{var} \rangle \mid \langle \text{const} \rangle$

$\langle \text{op} \rangle := + \mid - \mid * \mid / \mid ^$

$\langle \text{pre_op} \rangle := \sin \mid \cos \mid \tan \mid \exp \mid \log$

$\langle \text{var} \rangle := a1 \mid a2 \mid a3 \mid a4 \mid a5$

$\langle \text{const} \rangle := 0.1 \mid 0.2 \mid 0.3 \mid 0.4 \mid \dots \mid 0.9 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5$

3.4 Evaluasi Individu dan Elitisme

Pada proses ini setiap fungsi hasil translasi kromosom akan dievaluasi dengan cara menghitung nilai fitness dan nilai MAPE. Hasil evaluasi, akan dipergunakan pada proses elitisme. Individu terbaik dengan nilai fitness tertinggi pada setiap generasi akan dipertahankan, sehingga tidak menghilang dari populasi berikutnya.

3.5 Proses Seleksi Orangtua Menggunakan Roulette Wheel

Pada proses ini akan dilakukan proses pemilihan pasangan-pasangan individu untuk dilakukan pindah silang pada proses berikutnya. Proses pemilihan individu dilakukan dengan metode roulette wheel dimana metode seleksi dilakukan berdasarkan kualitas individu untuk keperluan pemilihan orang tua pada proses selanjutnya. Dengan proses ini, semakin berkualitas suatu individu maka semakin besar kemungkinan individu tersebut terpilih untuk menjadi anggota pada populasi yang baru. Proses roulette wheel dilakukan dengan cara menjumlahkan akumulasi dari seluruh nilai fitness dalam satu populasi, kemudian akan dibangkitkan bilangan random dengan range [1, jumlah seluruh nilai fitness]. Kemudian bilangan random yang dibangkitkan tersebut akan menentukan selection point yang akan terpilih. Misalkan dalam satu populasi terdapat 5 individu dengan nilai fitness {10, 15, 20, 25, 30}, maka penjumlahan akumulasi akan menghasilkan {10, 25, 45, 70, 100}. Kemudian dimisalkan bilangan random yang dibangkitkan bernilai 40, maka selection point pada roda roulette wheel akan memilih individu yang memiliki nilai fitness dari range [25, 45] yaitu individu ketiga.

3.6 Pindah Silang

Proses pindah silang terhadap pasangan orang tua dilakukan berdasarkan probabilitas *crossover* dengan dua titik potong yang posisinya dibangkitkan secara acak. Untuk setiap pasangan orang tua, akan dibangkitkan bilangan acak antara interval [0, 1]. Jika hasil pembangkitan bilangan acak tersebut kurang dari probabilitas *crossover* yang ditetapkan, maka akan dibangkitkan titik potong kesatu secara random dalam range [1, panjang kromosom orang tua terpendek] dan titik potong kedua secara random dalam range [titik potong satu, panjang maksimum kromosom]. Setelah itu, akan dilakukan pindah silang antara kedua

orang tua pada titik tersebut. Sehingga dihasilkan dua kromosom anak hasil persilangan.

3.7 Mutasi dan Seleksi Survivor

Proses mutasi pada setiap gen dalam kromosom dilakukan berdasarkan pembangkitan bilangan acak. Jika bilangan acak yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi, maka nilai gen tersebut akan diganti dengan nilai acak bilangan integer positif.

4. Pengujian dan Analisis

Pada tahap pengujian, data didapat dari situs bursa saham <http://finance.yahoo.com>, data yang digunakan adalah data saham PT. Telekomunikasi Indonesia dengan range waktu dari Juni 2010 sampai dengan Mei 2015. Pengujian dikatakan mencapai solusi apabila mencapai nilai MAPE kurang dari 20%.

4.1 Hasil Pengujian Kombinasi Parameter GE

Parameter *Grammatical Evolution* terdiri dari parameter-parameter evolusi seperti jumlah populasi, jumlah generasi, probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi kombinasi dari parameter-parameter tersebut. Dengan menggunakan data training sebanyak 500 periode dan data testing sebanyak 250 periode.

Dari 30 skenario kombinasi parameter yang digunakan, didapatkan hasil pengujian seperti pada tabel berikut :

Tabel 1 Hasil Pengujian Kombinasi Parameter GE

Jumlah Populasi	Jumlah Generasi	Pc	Pm	MAPE Training	MAPE Testing
50	50	0,5	0,01	1.4995	0.92988
50	50	0,6	0,01	1.4995	0.92988
50	50	0,7	0,01	1.4995	0.92988
50	50	0,8	0,01	1.4995	0.92988
50	50	0,9	0,01	1.4995	0.92988
50	50	0,5	0,05	1.4995	0.92988
50	50	0,6	0,05	1.4995	0.92988
50	50	0,7	0,05	1.4995	0.92988
50	50	0,8	0,05	1.4995	0.92988
50	50	0,9	0,05	1.4995	0.92988
50	50	0,5	0,1	1.4995	0.92988
50	50	0,6	0,1	1.4995	0.92988

50	50	0,7	0,1	1.4995	0.92988
50	50	0,8	0,1	1.4995	0.92988
50	50	0,9	0,1	1.4995	0.92988
100	50	0,5	0,01	1.4995	0.92988
100	50	0,6	0,01	1.4995	0.92988
100	50	0,7	0,01	1.4995	0.92988
100	50	0,8	0,01	1.4995	0.92988
100	50	0,9	0,01	1.4995	0.92988
100	50	0,5	0,05	1.4995	0.92988
100	50	0,6	0,05	1.4995	0.92988
100	50	0,7	0,05	1.4995	0.92988
100	50	0,8	0,05	1.4995	0.92988
100	50	0,9	0,05	1.4995	0.92988
100	50	0,5	0,1	1.4995	0.92988
100	50	0,6	0,1	1.4995	0.92988
100	50	0,7	0,1	1.4995	0.92988
100	50	0,8	0,1	1.4995	0.92988
100	50	0,9	0,1	1.4995	0.92988

Dari hasil pengujian ke-30 variasi parameter didapatkan output fungsi terbaik yang sama yaitu a1, dengan nilai *fitness* pada proses *training* bernilai 0,66644. Fungsi terbaik tersebut paling cepat dihasilkan pada generasi kesatu dan paling lama dihasilkan pada generasi ketujuh. MAPE yang dihasilkan yaitu 1,4995% yang berarti nilai akurasi adalah $100\% - 1,4995\% = 98,5005\%$. Nilai akurasi tersebut tergolong sangatlah besar meskipun didapat pada generasi yang masih tergolong awal, hal tersebut menyebabkan parameter-parameter *grammatical evolution* yang digunakan tidak terlalu mempengaruhi perubahan pada nilai MAPE training dan nilai MAPE testing. Proses rekombinasi dan mutasi yang terjadi dalam tiap generasi tidak dapat menghasilkan individu baru yang lebih baik, sehingga semua variasi parameter-parameter GE yang diuji tidak dapat berpengaruh secara signifikan.

4.2 Hasil Pengujian Skenario Input Data Training dan Data Testing

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 16 skenario data yang berbeda, serta digunakan parameter-parameter *grammatical evolution* sebagai berikut :

- Jumlah Populasi : 50
- Jumlah Generasi : 50
- Probabilitas *Crossover* : 0,8
- Probabilitas Mutasi : 0,01

Dengan parameter-parameter GE diatas, maka dihasilkan nilai MAPE *training* dan nilai MAPE *testing* sebagai berikut :

Tabel 2 Hasil Pengujian Skenario Data Training dan Data Testing

Training	Testing	MAPE Training	Mape Testing	Rata-rata Training & Testing	Rata Aktual Training (Rp)	Rata Aktual Testing (Rp)
1000	1000	1.7051	1.3041	1.5046	12.1634	23.284
750	1000	1.717	1.3041	1.51055	11.4713	23.284
500	1000	1.4073	1.3041	1.3557	10.5277	23.284
250	1000	1.3978	1.3041	1.35095	11.0698	23.284
1000	750	1.6125	1.3058	1.45915	11.6904	26.9363
750	750	1.3718	1.3058	1.3388	11.137	26.9363
500	750	1.3491	1.3058	1.32745	11.713	26.9363
250	750	1.3025	1.3058	1.30415	12.3686	26.9363
1000	500	1.3523	1.2887	1.3205	13.4777	29.687
750	500	1.3307	1.2887	1.3097	14.646	29.687
500	500	1.2984	1.2887	1.29355	16.4518	29.687
250	500	1.2976	1.2887	1.29315	20.5862	29.687
1000	250	1.4229	0.92988	1.17639	19.8442	24.9878
750	250	1.4323	0.92988	1.18109	22.7884	24.9878
500	250	1.4995	0.92988	1.21469	28.0351	24.9878
250	250	1.6628	0.92988	1.29634	34.7136	24.9878

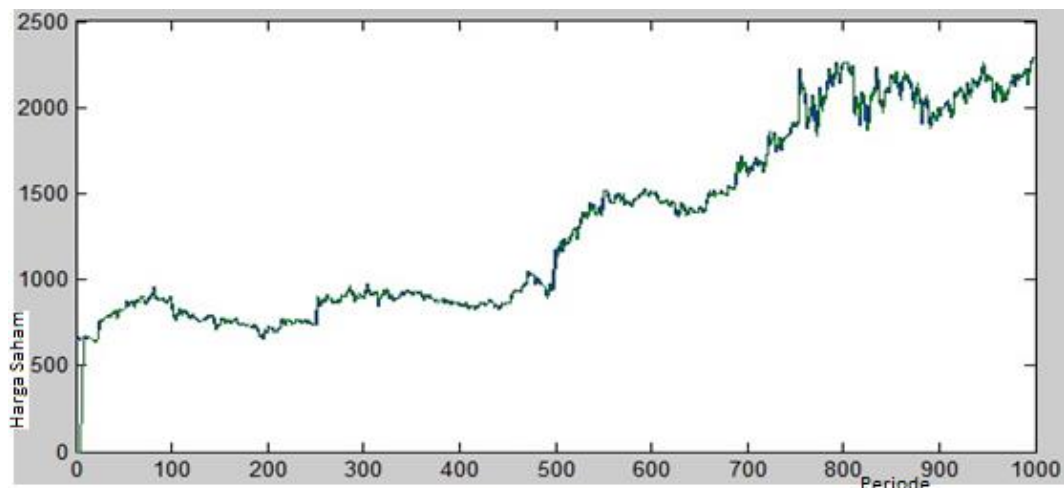
Dari hasil pengujian ke-16 skenario data yang berbeda, masih didapatkan output fungsi terbaik yang sama yaitu a_1 , dengan nilai MAPE pada proses *training* dan proses *testing* yang berbeda-beda. Performansi terbaik didapatkan pada skenario data *training* 1000 periode dan data *testing* 250 periode dengan rata-rata nilai MAPE *training* dan *testing* 1,17639%. Pada hasil pengujian ke-16 skenario data yang berbeda menunjukkan nilai MAPE *training* dan nilai MAPE *testing* yang berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh pola data saham yang berbeda-beda, nilai MAPE *training* terbaik didapat pada periode data dari tanggal 25 Juni 2012 sampai 10 Juni 2013 dengan nilai MAPE 1,2976%. Pada beberapa hasil pengujian juga menunjukkan periode data yang lebih banyak cenderung menghasilkan nilai MAPE *training* dan *testing* yang lebih buruk dibandingkan periode data yang lebih kecil.

4.3 Hasil Pengujian Peramalan Sampai Pada Hari H+10

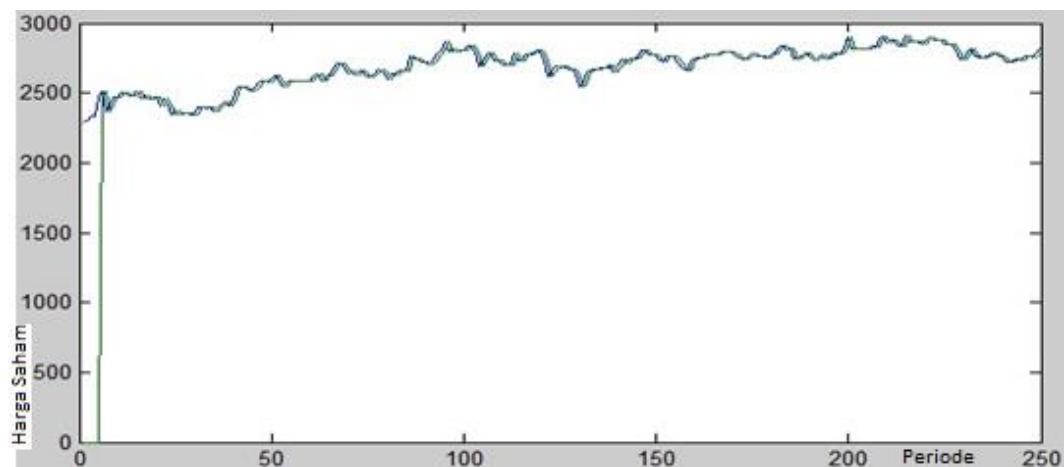
Pengujian dilakukan untuk melihat bagaimana keakuratan sistem GE dalam meramalkan harga saham pada hari H+10 dengan menggunakan data hasil

peramalan dari hari $H+1$. Dengan skenario data input *training* yang digunakan sebanyak 1000 periode dan data input *testing* yang digunakan sebanyak 250 periode, serta parameter-parameter *grammatical evolution* sebagai berikut :

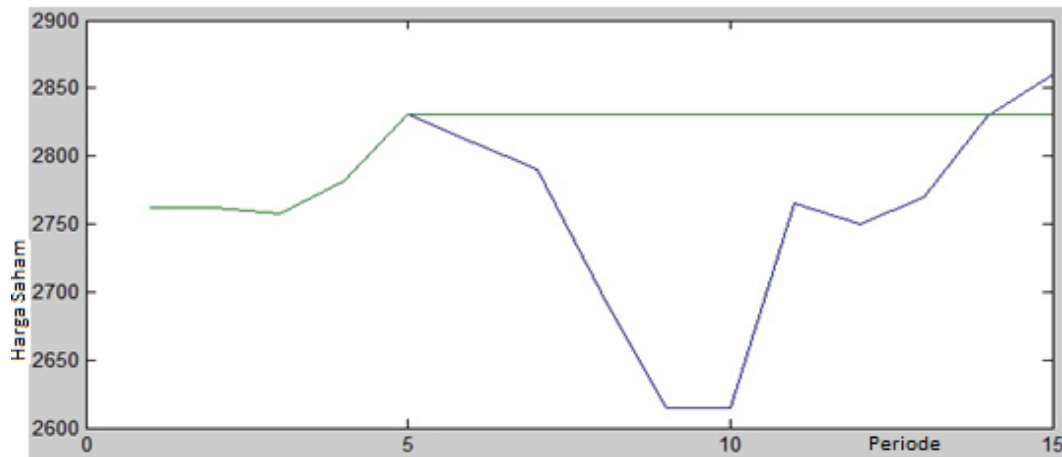
- Jumlah Populasi : 50
- Jumlah Generasi : 50
- Probabilitas *Crossover* : 0,8
- Probabilitas Mutasi : 0,01



Gambar 1 Grafik Tahap Training (Biru : Data Asli, Hijau : Data Prediksi)



Gambar 2 Grafik Tahap Testing (Biru : Data Asli, Hijau : Data Prediksi)



Gambar 4.5 Grafik Tahap Prediksi 3 (Biru : Data Asli, Hijau : Data Prediksi)

Dari proses prediksi sampai hari H+10 menunjukkan nilai MAPE sebesar 3,2011%. Pada grafik prediksi sampai hari H+10 menunjukkan nilai saham yang dihasilkan dari fungsi hasil proses *training* yaitu a_1 cenderung konstan, namun fungsi tersebut tetap menghasilkan nilai MAPE yang relatif kecil dengan rata-rata kesalahan prediksi sebesar Rp. 85,86.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan uji coba, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada prediksi data harga saham menggunakan *Grammatical Evolution*, solusi fungsi terbaik yang dihasilkan adalah a_1 atau mendekati a_1 dimana a_1 merupakan variabel untuk hari H-1.
2. Perubahan parameter pada *Grammatical Evolution* tidak mempengaruhi nilai MAPE yang dihasilkan jika pada generasi awal sistem *Grammatical Evolution* sudah dapat mencapai nilai MAPE yang sangat tinggi. Meskipun proses rekombinasi dan mutasi diberikan nilai probabilitas yang cukup besar, namun tetap tidak dapat mencapai solusi yang lebih baik dari generasi sebelumnya.
3. Perubahan skenario data input dapat mempengaruhi nilai MAPE yang dihasilkan pada proses *training* dan *testing*.
4. Pada prediksi sampai hari H+10, dengan menggunakan data input dari hasil prediksi dari hari-hari sebelumnya sistem dapat menghasilkan nilai MAPE sebesar 3,2011% dengan rata-rata kesalahan prediksi sebesar Rp. 85,86.

6. Daftar Pustaka

- [1] Brealey, A Richard; Stewart, C Myers; dan Alan, J Marcus. Fundamentals of Corporate Finance. 5th ed. 2007. McGraw-Hill. Hal 144.
- [2] Darmadji, Tjiptono; Hendy, M, Fakhruddin. Pasar Modal di Indonesia. 2001. Indonesia. Salemba Empat.
- [3] Dalton, M John. How The Stock Market Works. 3rd edition. 2001. United States of America. NYIF. Hal 1.
- [4] Frankel, J.A.; Froot, K.A. (1990). "Chartists, Fundamentalists, and Trading in the Foreign Exchange Market". *The American Economic Review* 80 (2): 181–185. Diakses 2008-03-29.
- [5] Gunaidi Abdia Away. 2010. The Shortcut of MATLAB Programming. Bandung : Informatika.
- [6] Julie Leung, Keith Kern, Jeremy Dawson, 2007, "Genetic Algorithms and Evolution Strategies", presentation slides.
- [7] Osler, Karen (July 2000). "Support for Resistance: Technical Analysis and Intraday Exchange Rates," FRBNY Economic Policy Review.
- [8] See e.g. Kirkpatrick and Dahlquist *Technical Analysis: The Complete Resource for Financial Market Technicians* (Financial Times Press, 2006).
- [9] Suyanto. 2008. Evolutionary Computation Komputasi Berbasis Evolusi dan Genetika. Bandung : Informatika.
- [10] Sugiharto, Aris. 2006. Pemrograman GUI dengan MATLAB. Yogyakarta : Andi.
- [11] Taylor, Mark P., and Helen Allen (1992). "The Use of Technical Analysis in the Foreign Exchange Market," *Journal of International Money and Finance*, 11(3), 304–314.
- [12] Widhiantika, Bunga Ayu. 2010. "Peramalan Harga Dinar di Indonesia Menggunakan Grammatical Evolution". Institut Teknologi Telkom Bandung.